

Obiektywna ocena stresu bólowego u noworodków wentylowanych mechanicznie mierzonego metodą zmiany przewodnictwa skórniego

Objective assessment of pain-related stress in mechanically ventilated newborns based on skin conductance fluctuations

Jacek Karpe¹, Aleksandra Misiólek², Andrzej Daszkiewicz¹, Hanna Misiólek¹

¹Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Wydział Lekarski z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym w Zabrze, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

²Gabinet Psychoterapii c/Martinez Cubells 6,2 Walencja, Hiszpania

Abstract

Background. In the process of intensive care, neonates are exposed to stress and pain related to the repeated therapeutic-diagnostic procedures. The aim of this study was the objective assessment of stress intensity pain while performing selected procedures in neonates in the intensive care unit.

Methods. 32 neonates, with a mean body mass of 2,495 g, intubated and mechanically ventilated, and who underwent sedation and analgesia were qualified to the study. A stress reaction to suctioning from endotracheal tube and capillary blood taking for blood gas analysis was evaluated. For the pain stress evaluation, the conductance fluctuation method was used.

Results. 0.20 oscillations per second during the mechanical ventilation were obtained; during the suctioning, the number of oscillations increased to 0.33. With finger tip puncture, the number of oscillations was 0.35. The mean values obtained in the cases of suctioning and puncture differed significantly from the ones obtained at mechanical ventilation ($P < 0.001$) and did not differ between one another ($P = 0.558$). The oscillation proportion $\geq 0.33 \text{ s}^{-1}$ was the lowest during the ventilation and it was significantly different ($P < 0.001$) from the values obtained at suctioning and finger tip puncture. There were no significant differences between these values.

Conclusion. The measurement of conductivity of the skin as an objective tool to measure pain and discomfort during invasive procedures in neonatal intensive care shows that, despite the use of sedation and analgesia, neonates experience discomfort associated with the selected performance of therapeutic and diagnostic procedures.

Key words: intensive care, newborns; intensive care, pain-related stress, monitoring, pain; monitoring, skin conductance fluctuation

Słowa kluczowe: intensywna terapia, noworodki; intensywna terapia, stres bólowy; monitorowanie, ból; monitorowanie, fluktuacja przewodnictwa skórniego

Anestezjologia Intensywna Terapia 2013, tom XLV, nr 3, 141–145

Należy cytować angielską wersję artykułu:

Karpe J, Misiólek A, Daszkiewicz A, Misiólek H: Objective assessment of pain-related stress in mechanically ventilated newborns based on skin conductance fluctuations. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2013; 45: 134–137.

Sygnalizowanie bólu wymaga zdolności do porozumiewania się, której nie posiadają noworodki i niemowlęta. Jednak niezdolność do komunikacji werbalnej nie wyklucza doświadczania bólu ostrego, jego przekształcenia w ból przewlekły i konieczności jego leczenia [1].

Najbardziej obrazową metodą opisu rozwoju przewlekłego bólu u niemowląt jest procedura użycia włosów von Freya lub monofilamentów Semmes-Weinsteina oraz pomiar natężenia bodźca potrzebnego do wywołania reakcji wycofującej stopy. Z przeprowadzonych badań wynika, że niemowlęta mają mniejsze opóźnienie i silniejszą reakcję w porównaniu z osobami dorosłymi. Opóźnienie i reakcja mogą się zmieniać wraz ze zwiększeniem liczby procedur wywołujących ostry ból. W rozwoju ontogenetycznym skórne receptory czuciowe pojawiają się w okolicy perioralnej już w 7.–8. tygodniu życia płodowego, a w 10. tygodniu w skórze okolicy dłoniowej. W ścianie jamy brzusznej pierwsze receptory obserwowane są już w 15. tygodniu życia, a u 16-tygodniowego płodu obszar czuciowy obejmuje już całą powierzchnię ciała. Integracja niewerbalnych narzędzi oceny bólu dla wcześniaków musi brać pod uwagę ich niedojrzałość rozwojową, zarówno fizyczną, jak i psychologiczną, oraz stopień nasilenia choroby. Na percepcję bólu i wyrażanie go przez na przykład niemowlę ma wpływ ocena tego zjawiska przez opiekuna. Narzędzia oceny bólu w najmłodszej grupie wiekowej powinny opierać się na wiedzy o przetwarzaniu i modulowaniu odczucia bólu przez rozwijający się układ nerwowy. Celem idealnego narzędzia oceny bólu powinien być pomiar nasilenia bólu w czasie rzeczywistym, dokładność oceny bólu, bezwłocność reakcji i skalowanie odpowiednie do jego wartości. Dostępne metody oceny bólu u noworodków i niemowląt skupiają się na bólu ostrym, wynikającym ze stymulowania, a nie uszkodzenia zakończeń nerwowych. Podstawą tej oceny jest badanie behawioralnych zmian, takich jak ekspresja mimiki, ruchy ciała, płacz, oraz fizjologicznych wskaźników odruchowych, takich jak częstość tętna, częstość oddechu, ciśnienie krwi. W tej grupie wiekowej fizjologiczne, biochemiczne i behawioralne zmiany zastępują subiektywny opis doświadczeń bólowych [2].

Do oceny nasilenia bólu w grupie dzieci najmłodszych proponowane są różne skale oparte na behawioralnych i fizjologicznych wskaźnikach odruchowych. Wyróżnia się następujące skale: PIPP (*Premature Infant Pain Profile*) [3], CRIES (*Cry, Requires Increased Oxygen Administration, Increased Vital Signs, Expression, Sleepless*) [4] i COMFORT [5]. Wadą ich wszystkich jest ryzyko subiektywności i relatywizmu oceny badacza [6].

W pracy własnej zastosowano metodę pomiaru fluktuacji przewodnictwa skórniego SCA (*Skin Conductance Algesimeter*) zaprezentowaną po raz pierwszy przez Storm

i wsp., w której użyto przewodnictwa skórniego jako miary pobudzenia układu współczulnego spowodowanego bodźcem bólowym. Aktywacja włókien współczulnych unerwiających gruczołu potowe indukuje uwolnienie zawartości tych gruczołów (tzw. pocenie emocjonalne) i jednocześnie zmniejszenie oporu oraz zwiększenie przewodnictwa skórniego. Szybkie wchłonięcie uwolnionego potu ponownie zmniejsza przewodnictwo. Powstała w ten sposób różnica przewodnictwa odczytywana jest jako pojedyncza oscylacja mająca swoje natężenie (amplituda załamka) oraz nachylenie (odległość czasowa między szczytem a zagłębieniem). Bodźce bólowe indukują szybkie zwiększenie emocjonalnego pocenia i fluktuacje przewodnictwa skórniego. Kiedy bodziec bólowy ustaje, przewodnictwo skórne natychmiast się zmniejsza. Zmiany te rejestrowane są przez elektrody umieszczone na bogato zaopatrzonej w gruczoły potowe skórze powierzchni dłoniowej ręki u osoby dorosłej lub podeszwy stopy u noworodka lub niemowlęcia. Powstałe w ten sposób wahania przewodnictwa docierają do jednostki centralnej, gdzie po przekształceniu poddawane są analizie. Przetworzony przez oprogramowanie sygnał wyrażony jest w postaci indeksu (oscylacji/sekundę), który odpowiada natężeniu stresu bólowego (tab. 1) [7, 8].

W intensywnej terapii noworodka dochodzi do stresu bólowego związanego z często powtarzaną procedurą pobierania krwi do badania gazometrycznego i czynnością odsysania wydzieliny z rurki intubacyjnej. Celem pracy była obiektywna ocena natężenia stresu bólowego podczas wykonywania wybranych procedur u noworodków wentylowanych mechanicznie na oddziale intensywnej terapii.

METODYKA

Na badanie uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Śląskiego Uniwersytetu Medycznego (Uchwała Nr KNW/0022/KB1/156/12 z dnia 27.11.2012).

Do badania zakwalifikowano 32 noworodki urodzone między 34. a 39. tygodniem ciąży (mediana = 36) ze średnią masą ciała 2495 ± 395 g, zaintubowane, wentylowane mechanicznie, w 2.–6. dobie wentylacji, u których oceniano reakcję stresową na odsysanie wydzieliny z dróg oddechowych oraz pobieranie krwi włośniczkowej do badania gazometrycznego. Noworodki poddane były sedacji ciągłym wlewem dożylnym midazolamu, w dawce $0,2$ mg kg^{-1} h^{-1} i fentanylu w dawce $2\text{--}3$ μg kg^{-1} h^{-1} .

Do oceny stresu bólowego zastosowano metodę pomiaru fluktuacji przewodnictwa skórniego (Med-Storm Pain Monitor, Med-Storm Innovation AS Norwegia), z zalecaną oceną liczby oscylacji przewodnictwa na sekundę. Po założeniu elektrod i podłączeniu do aparatu SCA przez okres około 20 minut rejestrowano w sposób ciągły parametry przewodnictwa skórniego, aż do momentu ustabilizowania

Tabela 1. Skala i indeks natężenia stresu bólowego u noworodków/niemowląt. Według [7] za zgodą

BIAŁY: 0,00–0,07 oscylacji s ⁻¹	Noworodek spokojny
JASNOŻÓŁTY: 0,14 oscylacji s ⁻¹	Noworodek spokojny, niewielka aktywność ruchowa
ŻÓŁTY: 0,21–0,27 oscylacji s ⁻¹	Noworodek aktywny, możliwość odczucia dyskomfortu
POMARAŃCZOWY: 0,33 oscylacji s ⁻¹	Noworodek prawdopodobnie odczuwa ból/dyskomfort, oceni sytuację
CZERWONY: 0,40–0,70 oscylacji s ⁻¹	Noworodek najpewniej odczuwa ból/dyskomfort

się pomiarów, a następnie w określonych punktach pomiarowych oznaczano rozpoczęcie i zakończenie procedury. Jako czas działania bodźca przyjęto czas od rozpoczęcia procedury odessania do ustabilizowania pomiaru oraz procedury nakłucia opuszki palca do ustabilizowania pomiaru na poziomie wyjściowym. Dla oceny natężenia reakcji stresowej podczas wykonywanych procedur przyjęto dwa progi bólowe: pierwszy próg — liczba oscylacji $\leq 0,14$ s⁻¹, który zgodnie z podaną wyżej skalą określa umownie próg „komfortu” (dziecko nie wykazuje żadnej reakcji bólowej) oraz drugi próg — liczba oscylacji $\geq 0,33$ s⁻¹, który określa umownie próg bólu/dyskomfortu (tab. 1).

Otrzymane dane opracowano za pomocą programu Statistica 10 (Statsoft Inc., Tulsa, USA). Po określeniu rozkładu grup testem Kolmogorowa-Smirnowa zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA z testem *post-hoc* RIR (rozsądnej istotnej różnicy) Tukeya. Dla porównania odsetka pomiarów progowych zastosowano test χ^2 . Za znamienne przyjęto $p < 0,05$.

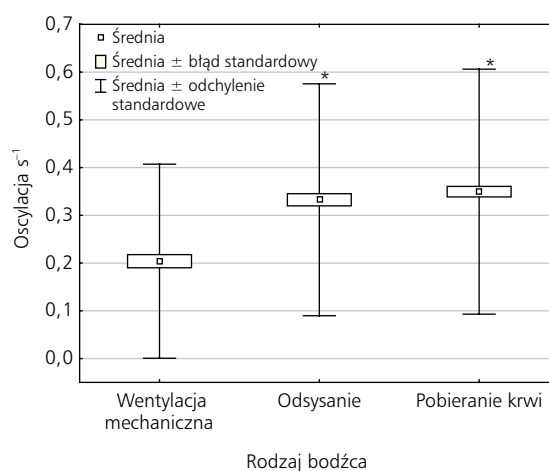
WYNIKI

W wyniku przeprowadzonej analizy uzyskano średnio 0,20 (0,18–0,23) oscylacji na sekundę podczas wentylacji mechanicznej, natomiast podczas odsysania wydzieliny z rurki intubacyjnej, liczba oscylacji zwiększyła się do 0,33 (0,31–0,36). Przy nakłuciu opuszki palca w celu pobrania krwi do badania gazometrycznego, liczba oscylacji zwiększyła się do 0,35 (0,33–0,37).

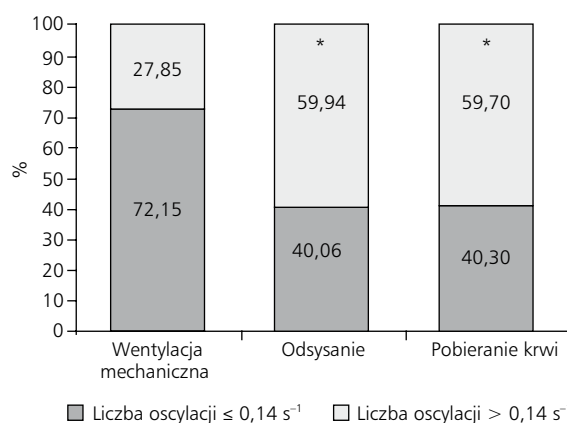
Wartości średnie, uzyskane w przypadku odsysania oraz nakłucia opuszki palca, różniły się istotnie od otrzymanych podczas wentylacji mechanicznej ($p < 0,001$), nie wykazując różnic między sobą ($p = 0,558$) (ryc. 1).

Uzyskany odsetek wartości oscylacji $\leq 0,14$ s⁻¹ był największy (72,15%) podczas procesu wentylacji. W trakcie odsysania wydzieliny z rurki intubacyjnej oraz nakłucia palca był on istotnie mniejszy ($p < 0,001$) i wynosił odpowiednio 40,06% i 40,3% (ryc. 2).

Uzyskany odsetek wartości oscylacji $\geq 0,33$ s⁻¹ był najmniejszy (19,18%) podczas procesu wentylacji i różnił się istotnie ($p < 0,001$) od wartości uzyskanych w trakcie odsysania wydzieliny z rurki intubacyjnej oraz nakłucia palca, w których odsetek oscylacji o charakterze „bólowych/streso-



Rycina 1. Porównanie średnich wartości oscylacji przewodnictwa podczas działania różnych bodźców stresowych w grupie noworodków wentylowanych mechanicznie; * $p < 0,05$ w stosunku do wartości w czasie wentylacji mechanicznej

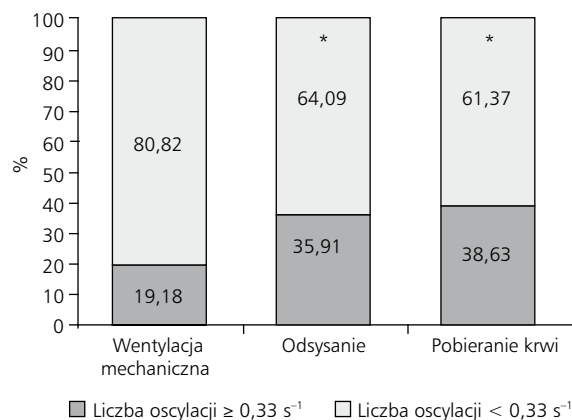


Rycina 2. Porównanie odsetka oscylacji $\leq 0,14$ s⁻¹ (próg komfortu) w trakcie wykonywanych procedur; * $p < 0,001$ w stosunku do wartości uzyskanych w czasie wentylacji mechanicznej

wych” wyniósł 35,91% i 38,63%. Nie stwierdzono istotnych różnic między tymi wartościami.

DYSKUSJA

Udowodniono, że w grupie noworodków, mimo prowadzonej równocześnie sedacji, wentylacja mechaniczna stanowi znaczący bodziec nocycyptywny [9]. W dostępnym piśmiennictwie opisywane są negatywne reakcje związane



Rycina 3. Porównanie odsetka oscylacji $\geq 0,33 \text{ s}^{-1}$ (próg bólu) w trakcie wykonywanych procedur; * $p < 0,001$ w stosunku do wartości uzyskanych w czasie wentylacji mechanicznej

z prowadzeniem procedur na oddziale intensywnej terapii, w tym wentylacji mechanicznej, oraz ich następstwa, takie jak: zwiększenie ciśnienia wewnątrzczaszkowego, krwawienie do ośrodkowego układu nerwowego, przedłużenie czasu stosowania wentylacji mechanicznej czy czasu hospitalizacji [10]. Aby uniknąć tych negatywnych następstw, należałoby przed czynnością odessania, pobierania krwi lub innych inwazyjnych procedur, podawać lek przeciwbólowy, na przykład paracetamol, czy podać bolus fentanylu. W nowoczesnym podejściu do problemu opieki nad chorym na oddziale intensywnej terapii coraz częściej odchodzi się jednak od sedacji głębokiej na rzecz sedacji z zachowaniem świadomości czy sedacji z zachowaniem odruchów.

W przeprowadzonym badaniu odsetek pomiarów wskazujących na przekroczenie progu bólu w badanej grupie noworodków nie przekroczył 40%, przy czym w przypadku samej wentylacji mechanicznej wykazywał wartości o połowę mniejsze niż podczas inwazyjnych procedur takich jak odsysanie treści z dróg oddechowych czy pobranie krwi. Obecność bodźców przekraczających próg bólu podczas wentylacji mechanicznej, bez względu na ich natężenie wskazuje jednak na inwazyjność procedury wentylacji i niewątpliwym, negatywnym ich wpływem na stan noworodka. Innymi konsekwencjami niedostatecznie skutecznej terapii bólu są niestabilność hemodynamiczna, hipoksemia i wahania ciśnienia tętniczego mogące skutkować na przykład krwotokiem wewnątrzczaszkowym. Odpowiednie zabezpieczenie przeciwbólowe może zmniejszyć częstość występowania incydentów hipoksemii i zredukować zapotrzebowanie na tlen podczas stosowania bolesnych procedur u noworodków leczonych na oddziałach intensywnej terapii [11].

Z drugiej strony pogłębianie stanu uspokojenia i zmniejszony poziom reaktywności dziecka poprzez zastosowanie większych dawek opioidowych leków przeciwbólowych przedłuża czas stosowania wentylacji mechanicznej oraz

wpływa na motorykę przewodu pokarmowego, opóźniając wprowadzenie żywienia enteralnego [12].

W badaniu własnym, kiedy oceniano próg komfortu podczas procesu niezakłóconej wentylacji, odsetek pomiarów wskazujących na dobrostan był największy (72,15%). W trakcie odsysania wydzieliny z rurki intubacyjnej oraz nakłucia opuszki palca częstość pomiarów świadczących o stanie komfortu była istotnie mniejsza, osiągając wartości około 40%. Oznacza to, że każda procedura inwazyjna przeprowadzona z zabezpieczeniem sedacji, w tym wentylacja mechaniczna, może wywoływać odczucie dyskomfortu, częstsze w przypadku wykonywania dodatkowych inwazyjnych procedur. Niektóre prace wskazują jednak, że mierzone wartości przewodnictwa skórniego wykazują zmienny osobniczo poziom wartości osiąganych w punktach krytycznych i należy je rozpatrywać w stosunku do rejestrowanych wartości wyjściowych [13].

Biorąc pod uwagę oba badane przedziały reakcji bólowej i komfortu, nietrudno zauważyć, iż osiągnięcie skutecznego poziomu sedacji i działania przeciwbólowego jest niezwykle trudne, przede wszystkim z powodu rozważenia konieczności zmniejszenia niekorzystnego działania podawanych w tym celu środków i osiągnięcia stosownego do sytuacji klinicznej poziomu sedacji. Wśród rozpowszechnionych metod terapii bólu i szeroko pojętego dyskomfortu wśród noworodków i niemowląt dominują metody farmakologiczne, [9] które uzupełniane są niekiedy przez inne, proste sposoby uspokojenia i analgezji takie jak doustna podaż glukozy czy karmienie [14, 15].

W stosowanych dotychczas skalach zmienne fizjologiczne zostały uznane jako użyteczne wskaźniki odczuwania bólu, mimo że ocena wskaźników życiowych takich jak: akcja serca, ciśnienie krwi, temperatura i oddychanie, jest często myląca, ponieważ podlegają one znacznej zmienności w odpowiedzi na chorobę. Zmiany hemodynamiczne są też silnie modyfikowane przez leki oddziałujące na układ krążenia i wykazują małą swoistość jako wskaźnik dostatecznego lub niewłaściwego poziomu znieczulenia i sedacji. Metoda zastosowana w urządzeniu *Skin Conductance Algesimeter* nie zależy od zmian hemodynamicznych, temperatury otoczenia i rytmu oddychania.

Ponieważ niemowlęta i małe dzieci nie werbalizują swojego bólu, jego częstość i nasilenie są niedoszacowywane, przez co najmłodsze dzieci znajdują się w grupie o dużym ryzyku zagrożenia bólem. Ocena bólu w tej grupie chorych jest poważnym wyzwaniem wynikającym z konieczności regularnie przeprowadzanych ocen, przy użyciu wiarygodnych i odpowiednich metod, aby być pewnym, że ból jest zidentyfikowany i uśmierzany. Mimo stosunkowo dużej liczby prac opisujących ból w grupie noworodków, wiele zjawisk związanych z jego występowaniem pozostaje niewyjaśnionych [16]. Przy obecnym stanie wiedzy medycznej

i możliwościach technicznych, należałoby skupić się na skutecznym i jak najmniej obciążającym modelu sedacji. Wydaje się, że dzięki nowym narzędziom oceny stresu bólowego jest to możliwe.

WNIOSEK

Pomiar przewodnictwa skórniego jako obiektywne narzędzie pomiaru odczuwania bólu i dyskomfortu podczas inwazyjnych procedur stosowanych w intensywnej terapii noworodka wykazuje, że mimo stosowania sedacji i analgezji, noworodki odczuwają dyskomfort związany z wykonywanymi procedurami terapeutyczno-diagnostycznymi.

Piśmiennictwo:

1. *Simons SH, van Dijk M, Anand KS, Roofthoof D, van Lingen RA, Tibboel D:* Do we still hurt newborn babies? A prospective study of procedural pain and analgesia in neonates. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003; 157: 1058–1064.
2. *Breau LM, McGrath PJ, Stevens B, et al.:* Healthcare professionals' perceptions of pain in infants at risk for neurological impairment. *BMC Pediatr* 2004; 4: 23–26.
3. *Stevens B, Johnston C, Petryshen P, et al.:* Premature Infant Pain Profile: development and initial validation. *Clin J Pain* 1996; 12: 13–22.
4. *Krechel SW, Bildner J:* CRIES: a new neonatal postoperative pain measurement score. Initial testing of validity and reliability. *Paediatr Anaesth* 1995; 5: 53–61.
5. *Ambuel B, Hamlett KW, Marx CM:* Assessing distress in pediatric intensive care environments: the COMFORT scale. *J Pediatr Psychol* 1992; 17: 95–109.
6. *Eriksson M, Storm H, Fremming A, Schollin J:* Skin conductance compared to a combined behavioural and physiological pain measure in newborn infants. *Acta Paediatr* 2008; 97: 27–30.
7. *Storm H:* Changes in skin conductance as a tool to monitor nociceptive stimulation and pain. *Curr Opin Anaesthesiol* 2008; 21: 796–804.
8. *Karpe J, Misiołek A, Daszkiewicz A, Misiołek H:* A new method for the objective evaluation of postoperative pain. *Kardiochir Torakochir Pol* 2013; 10: 48–50.
9. *Rawicz M:* Zasady stosowania leków przeciwbólowych i sedacyjnych u noworodków i niemowląt leczonych w oddziale intensywnej terapii. *Med Wieku Rozwoj* 2008; 4: 958–967.
10. *Gjerstad AC, Hellerud BC, Wagner K, Henrichsen T, Storm H:* Skin conductance as a measure of discomfort in artificial ventilated children. *Pediatrics* 2008; 122: e848–e853.
11. *Belliemi CV, Burroni A, Perrone S, et al.:* Intracranial pressure during procedural pain. *Biol Neonate* 2003; 84: 202–205.
12. *Pokela ML:* Pain relief can reduce hypoxemia in distressed neonates during routine treatment procedures. *Pediatrics* 1994; 93: 379–383.
13. *Tobias JD, Rasmussen GE:* Pain management and sedation in the pediatric intensive care unit. *Pediatr Clin North Am* 1994; 41: 1269–1292.
14. *Roeggen I, Harrison D, Storm H:* Skin conductance variability between and within hospitalised infants at rest. *Early Hum Dev* 2011; 87: 37–42.
15. *Storm HS, Fremming A:* Effectiveness of oral sucrose and food intake on pain response in preterm infants measured by changes in skin conductance activity, heart rate, crying time and behavioural state. *Acta Paed Scand* 2002; 91: 555–560.
16. *Gaspardo CM, Miyase CI, Chimello JT, Martinez FE, Martins Linhares MB:* Is pain relief equally efficacious and free of side effects with repeated doses of oral sucrose in preterm neonates? *Pain* 2008; 137: 16–25.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. n. med. Hanna Misiołek
 Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii
 SP Szpital Kliniczny Nr 1 w Zabrze im. Prof. St. Szyszko
 SUM w Katowicach
 ul. 3 Maja 13–15, 41–800 Zabrze
 tel./faks: 32 370 45 83
 e-mail: hanna.misiolek@gmail.com

Otrzymano: 2.01.2013 r.
 Zaakceptowano: 15.03.2013 r.